



Innovative Wärmepumpensysteme zur hocheffizienten Bereitstellung von Wärme

Innovative Heat Pumping Systems for High-Efficiency Heat Supply

René Rieberer

Am Institut für Wärmetechnik wird seit über 30 Jahren an Wärmepumpen geforscht. Speziell in den vergangenen Jahren gewinnt diese Technologie nicht nur im Gebäudebereich, sondern etwa auch in der Industrie und in Fahrzeugen immer mehr an Aufmerksamkeit. So vielfältig wie die Anwendungsmöglichkeiten von Wärmepumpen ist auch das Spektrum der Forschungsprojekte am Institut für Wärmetechnik.

Besonders zur Beheizung von neuen Wohngebäuden mit niedrigem Wärmebedarf sind Wärmepumpen interessant. Heizsysteme in Neubauten müssen Wärme nur auf moderatem Temperaturniveau bereitstellen (typischerweise maximal 35 °C). Das thermodynamische Grundprinzip erlaubt deshalb auch bei tiefen Außentemperaturen eine effiziente Gebäudebeheizung mit Außenluft als Wärmequelle. Am Institut für Wärmetechnik wurden unter anderem prädiktive Regelungsansätze entwickelt, die es erlauben, das Heizungssystem „vorausschauend“ – unter Einbeziehung von Wetterprognosen, zeitlich veränderlichen Stromtarifen und/oder einer „Eigenstromproduktion“ mittels Photovoltaikanlage etc. – zu betreiben. So kann unter Berücksichtigung des „Ladezustandes“ des Gebäudes oder des Warmwasserspeichers die elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe entsprechend verändert werden (vgl. Abbildung 1).

Absorptionswärmepumpen

In den vergangenen Jahrzehnten kaum beachtet, erleben die thermisch angetriebenen Absorptionswärmepumpen eine Renaissance. Sie nutzen zum Antrieb anstelle von Strom Wärme auf hohem Temperaturniveau (rund 80 bis 150 °C). Heute werden sie beispielsweise als Nachfolger der effizienten, gasbefeuelten Brennkessel gehandelt, da gasbefeuelte Absorptionswärmepumpen im Vergleich eine Gasverbrauchsreduktion von 40 Prozent erwarten lassen. Das Institut für Wärmetechnik arbeitet gemeinsam mit einem namhaften >

The Institute of Thermal Engineering has been working on heat pumps for more than 30 years. Recently heat pumps have been gaining in interest not only in the building sector, but also in industry and in the mobility sector. There exists a variety of applications for heat pumps, and the R&D portfolio at the Institute of Thermal Engineering is very broad as well.

Heat pumps are especially well suited in new buildings which have a low heat demand. In most cases, the heating system has to supply the heat only at a moderate temperature level (typically below 35°C). Thus, the thermodynamic principle allows an efficient operation using ambient air as the heat source even at low outside temperatures. During the last years, predictive control algorithms have been developed at the Institute, which allow a consideration of the weather forecast, variable electricity prices and PV on-site production. In this way, the electrical power consumption of the heat pump can be varied accordingly, taking into account the "charge state" of the building or the hot water storage tank (see Figure 1).

Absorption Heat Pumps

Recently, thermally driven absorption heat pumps have experienced a renaissance. Instead of electricity, this heat pump type uses heat at a rather high temperature (around 80 to 150°C) as driving energy. Today, for example, they are regarded as the successors to condensing boilers, which have been exhausted in terms of efficiency, and gas-fired absorption heat pumps are expected to reduce gas consumption by 40%. Together with a well-known boiler manufacturer, the Institute of Thermal Engineering is working on the simulation-based optimization of gas-fired ammonia/water absorption heat pumps (see Figure 2), which are specifically designed as a retrofit option for existing buildings with natural gas infrastructure. >



© privat

René Rieberer leitet die Arbeitsgruppe „Heizungs-, Kälte-, Klimatechnik“ am Institut für Wärmetechnik und ist Key Researcher am VIRTUAL VEHICLE Research Center.

René Rieberer is leader of the working group Heating, Refrigeration, Air-conditioning at the Institute of Thermal Engineering and Key Researcher at the VIRTUAL VEHICLE Research Centre.

Abbildung 1:
Modellprädiktive Regelung von Wärmepumpen.
Figure 1:
Model predictive control of a heat pump.

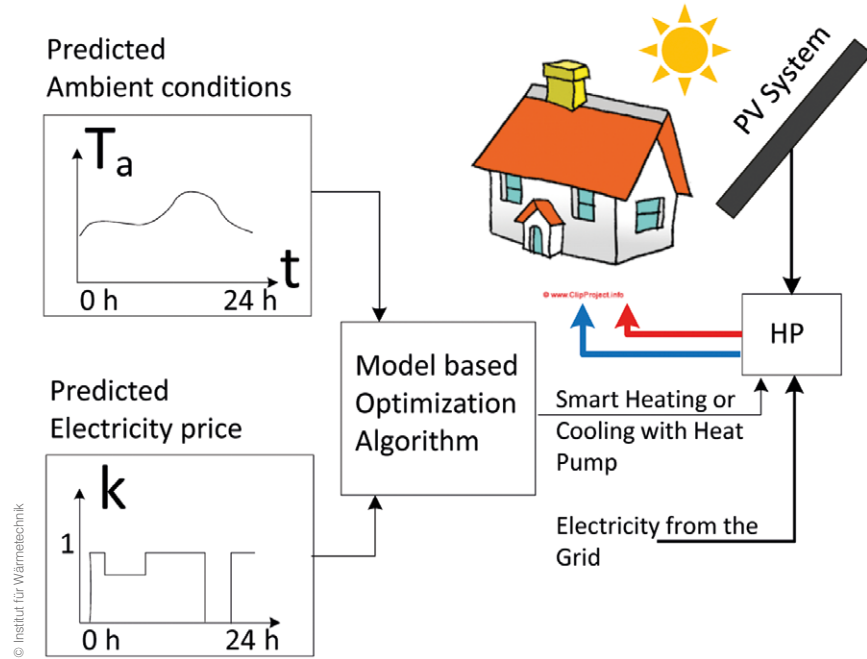


Abbildung 2:
Gasbetriebene Absorptionswärmepumpe.
Figure 2:
Gas-driven absorption heat pump.

Kesselhersteller an der simulationsbasierten Optimierung von gasbefeuerten Ammoniak/Wasser-Absorptionswärmepumpen (vgl. Abbildung 2), die speziell für Bestandsgebäude mit existierender Gasinfrastruktur als Nachrüstungsmöglichkeit gedacht sind.

Industrielle Anwendung

Ein riesiges Energie- und damit Treibhausgas-Einsparpotenzial schlummert in Industriebetrieben. Vor allem der Einsatz von Wärmepumpen zur Abwärmerückgewinnung oder als Ersatz für Gaskessel gewinnt an Interesse. Eine große Herausforderung liegt aber im geforderten Nutztemperaturniveau, das typischerweise bei 80 °C und höher liegt und mit konventionellen Anlagen nicht erreicht werden kann. In Zusammenarbeit mit dem steirischen Kälteanlagen- und Wärmepumpenhersteller Frigopol arbeitet das Institut für Wärmetechnik im Projekt HotCycle an einer Hochtemperaturwärmepumpe, die mit dem umweltfreundlichen Kältemittel R600 (Butan) betrieben wird und Nutztemperaturen von über 100 °C bereitstellen kann (vgl. Abbildung 3).

E-Fahrzeuge

Elektrisch betriebene Fahrzeuge (Hybrid- bzw. Elektroautos) stellen gewohnte Heizungs- und Klimasysteme vor große Herausforderungen, denn ihnen fehlt eine teilweise bzw. gänzlich: die Motorabwärme, die in konventionellen Fahrzeugen zur Beheizung des Fahrzeuginnenraums genutzt wird. Bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen wird daher oft eine elektrische Direktheizung (also eine Widerstandsheizung) verwendet, die die Batterie des Fahrzeugs deutlich belastet und so die Reichweite drastisch reduziert. Eine mögliche Alternative ist es, statt der Direktheizung den Kältekreislauf der Klimaanlage im Umkehrbetrieb als Wärmepumpe zu verwenden und so den Energiebedarf deutlich

Industrial applications

The industry offers a huge potential for saving energy and thus greenhouse gas emissions. Especially the use of heat pumps for waste heat recovery or as a replacement for gas boilers is gaining in interest. However, a major challenge is the required temperature level, which is typically above 80°C, and this cannot be achieved with conventional systems. In cooperation with the Styrian refrigeration and heat pump manufacturer Frigopol, the Institute of Thermal Engineering is working on the project "HotCycle" which deals with a high-temperature heat pump using the environmentally friendly refrigerant R600 (butane) providing heat-sink temperatures above 100°C (see Figure 3).

E-Mobility

In electrical vehicles (hybrid and electric cars) in particular, heating the passenger compartment is challenging because in these vehicles little or even no waste heat from an internal combustion engine is available. That is why electric direct heating (i.e. resistance heating) is often used in electric vehicles, which means a significant load for the vehicle's battery and thus drastically reduces the cruising range. An interesting possibility is to use the refrigerant circuit of the air conditioning system in reverse operation, i.e. as a heat pump, and this significantly reduces the energy consumption compared to electric direct heating. It has been shown that the annual energy consumption for heating and air-conditioning can be reduced by up to 40% with a refrigerant cycle using the environmentally friendly refrigerant R744 (CO₂). Figure 4 shows an electric vehicle equipped with such a system, which was analysed experimentally in the climatic chamber.

Railway application

The energy consumption of auxiliary devices is also



zu reduzieren. Es konnte bereits gezeigt werden, dass der Jahresgesamtenenergieverbrauch für Beheizung und Klimatisierung mit einer „reversiblen“ Kälteanlage unter Verwendung des umweltfreundlichen Kältemittels R744 (CO₂) um bis zu 40 Prozent reduziert werden kann. Abbildung 4 zeigt ein E-Fahrzeug, das mit einer R744-Kälteanlage/-Wärmepumpe ausgestattet und in der Klimakammer am Institut für Wärmetechnik messtechnisch analysiert wurde.

Schienenfahrzeuge

Auch in Zügen spielt der Energieverbrauch von Nebenaggregaten eine zunehmende Rolle. Bis zu 20 Prozent des gesamten Energieverbrauchs wird für die Beheizung und Klimatisierung aufgewendet. Wie bei E-Autos wird auch in Waggons vorwiegend mit elektrischen Direktheizsystemen gearbeitet, die künftig durch Kälteanlagen mit Wärmepumpenfunktion ersetzt werden könnten. Das Institut für Wärmetechnik hat im Projekt GreenHVAC4Rail gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum VIRTUAL VEHICLE und den Firmenpartnern Liebherr-Transportation Systems, Obrist Engineering und Rupert Fertinger einen R744-Kältekreislauf zum Heizen und Kühlen von Schienenfahrzeugen entwickelt. Das Konzept ist so vielversprechend, dass es im Rahmen des Nachfolgeprojekts eco2jet in einem Railjet-Waggon der ÖBB im Realbetrieb getestet werden soll.

Aus dieser exemplarischen Aufzählung von Forschungsprojekten wird klar, dass die Wärmepumpentechnik an Bedeutung gewinnt. Hauptsächlich deshalb, weil Wärmepumpen gegenüber konventioneller Wärmebereitstellung eine signifikante Reduktion des Energieverbrauchs und damit auch der Treibhausgasemissionen ermöglichen. ■

playing an increasing role in trains. Up to 20% of the total energy consumption is related to heating and air conditioning of railway coaches. As in the case of electric cars, heating is typically realized by direct electric heating systems, which could be replaced in future by air-conditioning systems with heat pump function. In the project GreenHVAC4Rail, the Institute of Thermal Engineering, together with the VIRTUAL VEHICLE Research Centre and the companies Liebherr-Transportation Systems, Obrist Engineering and Rupert Fertinger, developed a R744 system for both heating and cooling of coaches. The concept is so promising that it is the goal of the follow-up project "eco2jet" to test it in real life operation in an ÖBB Railjet coach.

Abbildung 3:
R600-Hochtemperaturwärmepumpe im IWT-Labor.

Figure 3:
R600 high-temperature heat pump in the laboratory.



© Institut für Wärmetechnik

This exemplary list of research projects underlines the interest in heat pumping technology. A major driver for this is that it enables a significant reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions. ■



© VIRTUAL VEHICLE Research Center

Abbildung 4:
E-Fahrzeug mit reversibler R744-Kälteanlage in der IWT-Klimakammer.

Figure 4:
Electric vehicle with reversible R744 a/c system in the climatic chamber.